

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 51 950 A 1

51 Int. Cl.⁷:
B 60 T 13/74
F 16 D 55/224
F 16 D 65/21

21 Aktenzeichen: 101 51 950.8
22 Anmeldetag: 22. 10. 2001
43 Offenlegungstag: 8. 5. 2003

DE 101 51 950 A 1

71 Anmelder:
eStop GmbH, 82284 Grafrath, DE
74 Vertreter:
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München

72 Erfinder:
Schautt, Martin, 80333 München, DE; Pascucci,
Antonio, 80337 München, DE; Hartmann, Henry,
81667 München, DE

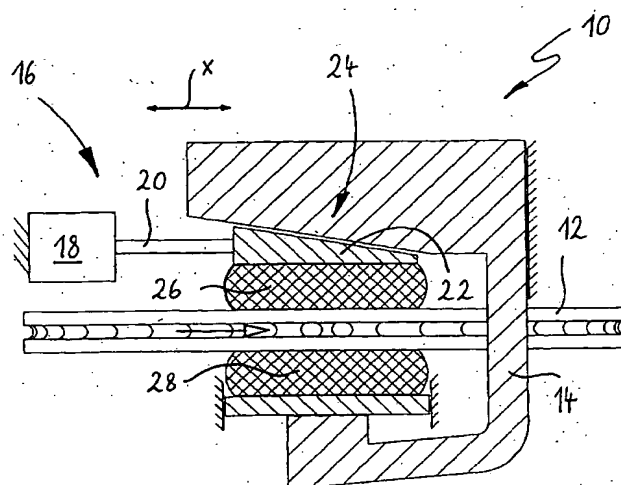
56 Entgegenhaltungen:
DE 196 40 995 A1
DE 196 39 686 A1
DE 100 16 182 A1
DE 100 05 869 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse mit Reibmomentermittlung

57 Die Erfindung betrifft eine selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse (10) mit einer drehbaren Bremsscheibe (12) und einem eine Betätigungskraft erzeugenden elektrischen Aktuator (16). Der Aktuator (16) wirkt über eine Keilanordnung (24) auf einen Reibbelag (26) ein, um ihn an die Bremsscheibe (12) anzupressen. Die Bremse (10) weist ferner eine Einrichtung zur Reibmomentermittlung auf, die erste Mittel zur Messung der Reibkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der normal zur Bremsscheibe gerichteten Kraft oder erste Mittel zur Bestimmung der Aktuatorkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der normal zur Bremsscheibe (12) gerichteten Kraft umfaßt. Auf diese Weise ist die Regelungsdynamik und Regelungsgüte der Scheibenbremse (10) deutlich verbessert.



DE 101 51 950 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft selbstverstärkende, elektromechanische Scheibenbremsen, insbesondere für Kraftfahrzeuge. Bei solchen Scheibenbremsen bringt ein elektrischer Aktuator eine Betätigungskraft auf, die die Reibbeläge der Bremse an die sich drehende Bremsscheibe anlegt. Eine Selbstverstärkungseinrichtung in Gestalt einer Keilanordnung nutzt die in der sich drehenden Bremsscheibe enthaltene, kinetische Energie zum weiteren Zustellen der Reibbeläge, d. h. die Reibbeläge werden mit einer gegenüber der Aktuatorkraft deutlich erhöhten Kraft, die nicht von dem elektrischen Aktuator aufgebracht wird, gegen die Bremsscheibe gepresst. Das Grundprinzip einer solchen Bremse ist aus dem deutschen Patent 198 19 564 bekannt.

[0002] Um für einen Einsatz, insbesondere in Kraftfahrzeugen, geeignet zu sein, müssen elektromechanische Bremsen eine Regelung aufweisen, die sicherstellt, daß bei einer normalen Bremsung beide Bremsen einer Fahrzeugachse gleich stark bremsen. Ist dies nicht der Fall, kommt es zum sogenannten "Schiefziehen" des Fahrzeuges, was aus Sicherheitsgründen unbedingt vermieden werden muß. Auch darf es nicht dazu kommen, daß die Bremse in einer für den Fahrzeugführer nicht vorhersehbaren Weise plötzlich viel stärker oder schwächer bremsen als es dem Verzögerungswunsch des Fahrzeugführers entspricht. Zu einer Änderung des Verzögerungsverhaltens einer Bremse kann es insbesondere durch einen sich ändernden Reibkoeffizient kommen, dessen Wert stark von beispielsweise der Temperatur und der Oberflächenbeschaffenheit der Reibflächen abhängt. Besonders bei selbstverstärkenden, elektromechanischen Bremsen, die einen hohen Selbstverstärkungsfaktor aufweisen können, ist eine gute Regelung von großer Bedeutung, da der Bremsenkennwert C^* , der das Verhältnis von aufgebrachtener Aktuatorkraft zu tatsächlich erzeugter Reibkraft angibt, sehr stark vom Reibkoeffizienten abhängt. Üblicherweise wird versucht, das aktuell vorliegende Reibmoment durch eine Messung der Reibkraft zu ermitteln. Die Reibkraft läßt sich beispielsweise mit einem Sensor messen, der zwischen einem Reibbelag der Bremse und einem Bauteil angeordnet ist, an dem sich der Reibbelag beim Bremsen abstützt. Aus der Beziehung

$$M_R = F_R \cdot r_{disc}$$

mit

M_R = Reibmoment

F_R = Reibkraft

r_{disc} = Radius der Bremsscheibe

ergibt sich dann ohne weiteres das Reibmoment.

[0003] Die Messung der Reibkraft ist allerdings mit vielen Störgrößen behaftet, die sich beispielsweise aus schnellen Auf- und Abbewegungen der Bremse im Fahrbetrieb ergeben, welche durch Fahrbahnunebenheiten hervorgerufen werden. Fahrbahnunebenheiten können an der Radbremse eines Kraftfahrzeuges Beschleunigungen bis zum 20-fachen Wert der Erdbeschleunigung verursachen. Die Massenträgheitskräfte, die durch solche Stöße hervorgerufen werden, erzeugen beträchtliche Störungen des Reibkraftmeßsignals. Um ein aussagekräftiges Messergebnis zu erhalten, ist eine Filterung des vom Reibkraftsensor gelieferten Signals unabdingbar. Diese elektronische Filterung des Meßsignals verzögert allerdings die Bestimmung der Reibkraft und führt zu einem relativ trägen Verhalten des gesamten Reibmomentregelkreises.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine selbstverstärkende, elektromechanische Scheibenbremse der eingangs genannten Art, bei der die Aktuatorkraft nicht

gleich der Normalkraft und in aller Regel nicht normal zur Bremsscheibe gerichtet ist, bereitzustellen, bei der die zuvor genannten Probleme beseitigt sind, bei der also insbesondere die Regelungsdynamik deutlich verbessert ist.

5 [0005] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch eine selbstverstärkende, elektromechanische Scheibenbremse gelöst, die die im Patentanspruch 1 oder im Patentanspruch 3 angegebenen Merkmale aufweist.

[0006] Gemäß einer ersten Lösung hat somit die erfindungsgemäße Scheibenbremse eine Einrichtung zur Ermittlung des Reibmomentes, die erste Mittel zur Messung der Reibkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe und dem Reibbelag wirkenden Normalkraft umfaßt. Gemäß einer Ausführungsform wird die Reibkraft durch einen Sensor gemessen, der die bei einer Bremsung auftretende Abstützkraft der Scheibenbremse erfasst. Der Sensor, z. B. ein Dehnungsmeßstreifen, kann beispielsweise so angeordnet sein, wie es eingangs bereits beschrieben worden ist. Der Sensor kann aber auch an jeder anderen Stelle angebracht sein, die es erlaubt, die bei einer Bremsung auftretende Abstützkraft zu erfassen.

[0007] Im Gegensatz zum herkömmlichen Vorgehen, lediglich die bei einer Bremsung auftretende Reibkraft zu messen, wird erfindungsgemäß zusätzlich die zwischen der Bremsscheibe und dem Reibbelag wirkende, normal zur Bremsscheibe gerichtete Kraft ermittelt. Im Gegensatz zur Reibkraftmessung, die, wie beschrieben, mit vielen Störgrößen behaftet ist und deshalb eine aufwendige und damit zeitaufraubende Filterung erfordert, ist die normal zur Bremsscheibe und damit parallel zur Radachse gerichtete Kraft kaum Störgrößen ausgesetzt, denn sie verläuft rechtwinklig zu den vertikalen Hauptanregungen, wie sie z. B. beim Überfahren einer Unebenheit mit hoher Geschwindigkeit und dem sich daraus ergebenden, starken Einfedern eines Rades auftreten. Die Normalkraft braucht daher nicht zeitaufwendig gefiltert zu werden, sondern kann mit hoher Dynamik, d. h. sehr zeitnah ermittelt werden. Erfindungsgemäß wird also die Information über das aktuell vorliegende Reibmoment aus der Normalkraft gewonnen und mit dem Ergebnis der Reibkraftmessung verglichen, um Änderungen des Reibkoeffizienten, die sich aus der Normalkraft nicht ermitteln lassen, feststellen zu können. Gezielte Änderungen des Reibmomentes, wie sie beispielsweise Regelvorgänge von Bremsschlupfregelsystemen, Traktionskontrollsystemen und Fahrstabilitätssystemen in Kraftfahrzeugen auslösen, können erfindungsgemäß schneller und exakter ausgeführt werden. Dies ist von Vorteil, da die genannten Systeme umso besser funktionieren, je schneller der vom System geforderte Bremseneingriff erfolgt.

50 [0008] Gemäß einer zweiten Lösung weist die Einrichtung zur Ermittlung des Reibmomentes der erfindungsgemäßen Scheibenbremse erste Mittel zur Bestimmung der Aktuatorkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe und dem Reibbelag wirkenden Normalkraft auf. Ebenso wie bei der ersten Lösung wird demnach auch hier die normal zur Bremsscheibe gerichtete Kraft ermittelt, um die Regelungsdynamik und damit die Gesamtqualität der Bremsregelung zu verbessern. Statt der stark störgrößenbehafteten Messung der Reibkraft wird jedoch bei der zweiten Lösung die während einer Bremsung aufgebrachte Aktuatorkraft bestimmt. Dies ermöglicht einen kompakteren Aufbau der Bremse, weil kein entfernter, beispielsweise am Bremsträger angebrachter Sensor zur Reibkraftmessung mehr erforderlich ist. Das Reibmoment wird indirekt bestimmt, ohne daß die Reibkraft direkt gemessen werden muß. Aus der Beziehung:

$$F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot \left(\frac{1}{\tan \alpha - \mu} \right) F_A$$

mit

F_R = Reibkraft

μ = Reibkoeffizient

F_N = Normalkraft

F_A = Aktuatorkraft

α = Keilwinkel

ergibt sich:

$$F_N = \left(\frac{1}{\tan \alpha - \mu} \right) F_A$$

und

$$\mu = \tan \alpha - \frac{F_A}{F_N}$$

[0009] Aus dem Verhältnis der Aktuatorkraft F_A zur Normalkraft F_N kann also der Reibkoeffizient μ errechnet werden, denn der Keilwinkel α ist eine vorgegebene und damit bekannte, geometrische Größe der Bremse. Mit dem wirksamen Bremsscheibenradius r_{disc} , einer ebenfalls bekannten, geometrischen Größe, erhält man dann mit $F_R = \mu \cdot F_N$ das gesuchte Reibmoment M_R aus der Beziehung:

$$M_R = F_R \cdot r_{disc} = (\tan \alpha \cdot F_N - F_A) \cdot r_{disc}.$$

[0010] Das Reibmoment kann somit aus der Kenntnis der Normalkraft F_N und der Aktuatorkraft F_A ermittelt werden. Zu erwähnen ist, daß die Beziehung $F_R = \mu \cdot F_N$ für eine Schwimmsattelscheibenbremse zu $F_R = 2\mu \cdot F_N$ wird.

[0011] Die Aktuatorkraft kann direkt gemessen werden, vorzugsweise mit einem im Kraftfluß der Aktuatorkraft angeordneten Kraftsensor, der beispielsweise ein Dehnungsmeßstreifen sein kann. Der Kraftsensor kann z. B. die Reaktionskraft erfassen, mit der sich ein dem Aktuator zugehöriger Elektromotor am Gehäuse des Aktuators bzw. der Bremse abstützt. Die Reaktionskraft entspricht bis auf das Vorzeichen der Aktuatorkraft. Der Kraftsensor kann aber auch an der Stelle angeordnet sein, an der die Aktuatorkraft in den Keil der Keilanzordnung eingeleitet wird. Ebenso kann ein Kraftsensor in oder an einem Kraftübertragungsmittel des Aktuators angeordnet sein, beispielsweise an einer Spindel oder einer Zug- bzw. Druckstange.

[0012] Die Aktuatorkraft muß aber nicht direkt gemessen werden, sondern kann indirekt ermittelt werden, beispielsweise aus dem Motorstrom des dem Aktuator zugehörigen Elektromotors. Der Motorstrom ist ein Maß für das vom Motor abgegebene Drehmoment, welches beispielsweise durch einen Spindeltrieb in eine Axialkraft gewandelt wird. Der Motorstrom ist deshalb proportional zur erzeugten Aktuatorkraft. Bei nicht zu hohen Genauigkeitsanforderungen ist eine solche indirekte Ermittlung der Aktuatorkraft eine geeignete und günstige Lösung.

[0013] Bei beiden oben beschriebenen Lösungen kann die normal zur Bremsscheibe gerichtete Kraft mittels eines im Kraftfluß der Normalkraft angeordneten Kraftsensors gemessen werden. Beispielsweise kann die Messung der Normalkraft in den Reibbelägen selbst oder in bzw. an den Belagträgern erfolgen, ferner an den Abstützflächen des Keils der Keilanzordnung, oder im die Bremsscheibe übergreifenden Sattel, oder auch im Rahmen der Scheibenbremse. Generell ist eine Messung von Kräften nahe am Entstehungsort

vorteilhaft, um eine Verfälschung der Meßsignale durch träge Massen zu vermeiden.

[0014] Die Normalkraft kann jedoch auch indirekt bestimmt werden, z. B. aus dem Maß der bei einer gegebenen Bremsung erfolgenden Verschiebung des Keils der Keilanzordnung. Bei einem Bremsvorgang führt die Normalkraft zu einer Aufweitung des Sattels der Scheibenbremse und zu einer Kompression der Reibbeläge und, in geringerem Umfang, auch der Bremsscheibe. Diese Elastizitäten der Bremse werden durch eine entsprechende Verschiebung des Keils in Betätigungsrichtung ausgeglichen. Bezeichnet man mit dem Begriff "Null-Lage" diejenige Stellung der Reibbeläge, bei der das sogenannte Lüftspiel gerade überwunden ist, die Reibbeläge somit kraftfrei an der Bremsscheibe anliegen, dann kann aus dem Maß der Verschiebung des Keils in Betätigungsrichtung direkt die Normalkraft berechnet werden. Ist die Federkennlinie des Systems Bremse linear, dann ist die Normalkraft direkt proportional zum Verschiebeweg des Keils.

[0015] Der Verschiebeweg des Keils kann entweder direkt gemessen werden, oder er kann aus Betriebsdaten des Aktuators ermittelt werden. Beispielsweise ist es möglich, aus dem Motordrehwinkel eines dem Aktuator zugehörigen Elektromotors den Verschiebeweg des Keils zu berechnen, jedenfalls dann, wenn der Elektromotor über ein steigungs- treues Vorschubsystem auf den Keil einwirkt.

[0016] Alternativ und/oder zusätzlich kann die Aufweitung des Bremssattels mit einem handelsüblichen Positionsmesssystem ermittelt werden. Da der Zusammenhang zwischen der Aufweitung des Bremssattels in Abhängigkeit der wirkenden Normalkraft für praktische Zwecke linear ist, stellt die Messung der Aufweitung des Bremssattels eine weitere Möglichkeit dar, die Normalkraft zu ermitteln.

[0017] Generell ist erfindungsgemäß die Normalkraft eine Hilfsgröße, deren Ermittlung dazu dient, die Dynamik der Regelung zu verbessern, da die direkte Messung des Reibmomentes aufgrund der erforderlichen Störgrößenfilterung nicht ausreichend schnell erfolgen kann. Mit anderen Worten, der aktuelle Wert des Reibmomentes steht erst mit einer gewissen Verzögerung zur Verfügung, d. h. zu einem Zeitpunkt t_n gibt es einen gefilterten Meßwert, der den realen Wert zu einem Zeitpunkt t_{n-m} widerspiegelt, welcher zeitlich vor dem Zeitpunkt t_n liegt. Dabei gibt m die Zahl der Zeitschritte an, um die das gemessene Signal durch die Filterung verzögert wird.

[0018] Die an sich mögliche, hochdynamische Betätigung einer elektromechanischen Bremse erfordert, wenn die Vorteile einer solchen hochdynamischen Betätigung ausgenutzt werden sollen, eine entsprechend hochdynamische Regelung, welche mittels der Reibkraftmessung aus den bereits eingangs dargelegten Gründen nicht möglich ist. Die Ermittlung der als Hilfsgröße fungierenden Normalkraft hingegen kann sehr schnell und genau erfolgen, beispielsweise wie schon erwähnt durch eine Messung der Position des Keils. Die Position des Keils ist, sofern die Reibbeläge an der Bremsscheibe anliegen, proportional zur Aufweitung des Bremssattels und damit zur Normalkraft F_N . Über den Reibkoeffizient μ (für eine Schwimmsattelbremse gilt $F_R = 2 \cdot \mu \cdot F_N$) besteht auch eine Proportionalität zur Reibkraft F_R und damit zum Reibmoment M_R gemäß der Beziehung:

$$\Delta M_R = k \cdot \Delta x$$

mit

ΔM_R = Änderung des Reibmomentes

x = Keilposition

Δx = Keilverschiebung

k = Proportionalitätsfaktor

Der Proportionalitätsfaktor k ist von einer Reihe von Parametern abhängig, z. B. vom Reibkoeffizient μ , vom wirksamen Reibradius, von der durch Verschleiß abnehmenden Reibbelagdicke, von der Federkonstante des Bremsatzells und des Reibbelages bzw. der Reibbeläge und dadurch auch von der Temperatur der Bremsenbauteile. Obwohl der Proportionalitätsfaktor k demnach nicht konstant ist, ändert sich sein Wert lediglich mit einer Dynamik, die um Größenordnungen geringer ist als die durch Fahrbahnunebenheiten in die Bremse eingeleiteten Störungen. Mathematisch läßt sich dieser Sachverhalt wie folgt ausdrücken:

$$M_R > \dot{k} \text{ und } \dot{x} \gg \dot{k}.$$

[0019] Deshalb ist ein aus zurückliegenden Messungen von M_R und x ermittelter Wert von k auch für die Gegenwart gültig. Der aktuelle Wert des Reibmomentes berechnet sich dann zu:

$$M_R(t_n) = M_R(t_{n-m}) + k(t_{n-m}) \cdot [x(t_n) - x(t_{n-m})]$$

mit

t_n = aktueller Zeitpunkt

$M_R(t_n)$ = gesuchtes Reibmoment zum Zeitpunkt t_n

$M_R(t_{n-m})$ = Reibmoment zum Zeitpunkt t_{n-m} , das zum Zeitpunkt t_n den aktuellsten, störgrößengefilterten Meßwert darstellt

$x(t_n)$ = Keilposition zum Zeitpunkt t_n

k = Proportionalitätsfaktor (abhängig von Reibkoeffizient, Temperaturdehnung der Bremsenbauteile, Reibbelagabnutzung etc.)

[0020] Soll im Betrieb der Bremse, ausgelöst z. B. durch einen ABS-Regelungsvorgang, das Reibmoment der Bremse um einen bestimmten Betrag reduziert werden, kann die Regelung auf der Grundlage der vorstehenden Beziehung die erforderliche, neue Keilposition berechnen und mittels des Aktuators sehr schnell einstellen. Eine Überprüfung des tatsächlichen Reibmomentes erfolgt dann durch die Reibkraftmessung.

[0021] Die sich im Betrieb der Bremse einstellende Abnutzung der Reibbeläge führt zu einer Veränderung der Null-Lage. Die Null-Lage muß daher gegebenenfalls durch die Regelung der Bremse immer wieder neu detektiert werden. Eine einfache Möglichkeit zur Bestimmung der Null-Lage bietet die Reibkraftmessung. Die Reibkraft steigt nämlich in dem Moment sprunghaft an, in dem der Reibbelag die Bremsscheibe berührt. Somit läßt sich die Keilposition, bei der der Reibbelag und die Bremsscheibe miteinander in Kontakt kommen, einfach detektieren. Zudem wird dann nur die relative Keilposition benötigt, womit sich eine bei fortschreitender Abnutzung des Reibbelages bzw. der Reibbeläge immer wieder durchzuführende Nullpunktskalibrierung erübrigt. Falls sich durch die zunehmende Abnutzung der Reibbeläge auch die Federkennlinie des Gesamtsystems Bremse verändert, kann diesem Umstand durch eine entsprechende Modellierung Rechnung getragen werden.

[0022] In der beigefügten Fig. 1 ist sehr schematisch eine erfindungsgemäße, selbstverstärkende, elektromechanische Scheibenbremse 10 dargestellt. Die Scheibenbremse 10 hat eine drehbare Bremsscheibe 12, die von einem Bremsattel 14 übergriffen wird. Ein elektrischer Aktuator 16, der einen Elektromotor 18 und einen Spindeltrieb 20 umfaßt, erzeugt eine Betätigungs- oder Aktuatorkraft F_A , die über den Spindeltrieb 20 in einen Keil 22 einer Keilanordnung 24 eingeleitet wird, um den Keil 22 längs einer Richtung x zu verschieben und dadurch einen Reibbelag 26 an die Bremsscheibe 12 anzupressen. Ein weiterer, auf der gegenüberliegenden Seite der Bremsscheibe 12 angeordneter Reibbelag

28 wird im gezeigten Ausführungsbeispiel von dem Sattel 14, der hier nach dem Schwimmsattelprinzip arbeitet, das Fachleuten auf diesem Gebiet wohlbekannt ist und deshalb hier nicht weiter erläutert wird, bei einem Bremsvorgang an die Bremsscheibe 12 gepreßt.

[0023] An dem Reibbelag 26 wirken während eines Bremsvorgangs die in Fig. 2 dargestellten Kräfte. Die Aktuatorkraft F_A verschiebt den einen Keilwinkel α aufweisenden Keil 22 in x -Richtung, wodurch der Reibbelag 26 in Kontakt mit der sich drehenden Bremsscheibe 12 gerät. Sobald der Reibbelag 26 die Bremsscheibe 12 berührt, entsteht eine normal zur Bremsscheibe gerichtete Rückwirk- oder Normalkraft F_N sowie eine in Umfangsrichtung der Bremsscheibe 12 wirkende Reibkraft F_R . Diese Kräfte werden zum allergrößten Teil in das Gehäuse der Bremse eingeleitet und dort abgestützt, siehe die Abstützkraft F_B . Im gezeigten Beispiel wirkt die Aktuatorkraft F_A parallel zur Bremsscheibenfläche und damit rechtwinklig zur Normalkraft F_N .

[0024] Während einer Bremsung kann aufgrund eines sich ändernden Reibkoeffizienten μ zwischen dem Reibbelag 26 und der Bremsscheibe 12 die Selbstverstärkung der Bremse so groß werden, daß zum Aufrechterhalten eines gewünschten Reibmomentes die Aktuatorkraft F_A zu Null wird oder sogar negative Werte annehmen muß (auf den Keil 22 wirkt dann keine Druckkraft mehr, sondern eine Zugkraft), um ein "Festgehen", d. h. ein unerwünschtes Blockieren der Bremse, zu verhindern.

[0025] Zur Reibmomentregelung weist die Scheibenbremse 10 eine nicht weiter dargestellte Einrichtung zur Reibmomentermittlung auf, die gemäß den vorstehenden Ausführungen entweder die Reibkraft F_R und die Normalkraft F_N misst bzw. ermittelt, oder die Aktuatorkraft F_A und die Normalkraft F_N bestimmt. Gemäß den bereits dargelegten Beziehungen kann aus diesen Größen das Reibmoment ermittelt und dann durch entsprechendes Verändern der Aktuatorkraft F_A geregelt werden.

Patentansprüche

1. Selbstverstärkende, elektromechanische Scheibenbremse (10), mit einer drehbaren Bremsscheibe (12), einem eine Betätigungskraft erzeugenden, elektrischen Aktuator (16), einem von dem elektrischen Aktuator (16) betätigten Reibbelag (26), auf den der elektrische Aktuator über eine Keilanordnung (24) mit einem Keilwinkel (α) wirkt, um den Reibbelag (26) an die Bremsscheibe (12) anzupressen, und einer Einrichtung zur Ermittlung des bei einer Bremsung auftretenden Reibmomentes, die erste Mittel zur Messung der Reibkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkenden Normalkraft umfaßt.
2. Scheibenbremse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibkraft durch einen Sensor gemessen wird, der die bei einer Bremsung auftretende Abstützkraft der Scheibenbremse erfaßt.
3. Selbstverstärkende, elektromechanische Scheibenbremse (10), mit einer drehbaren Bremsscheibe (12), einem eine Betätigungskraft erzeugenden, elektrischen Aktuator (16), einem von dem elektrischen Aktuator (16) betätigten Reibbelag (26), auf den der elektrische Aktuator über eine Keilanordnung (24) mit einem Keilwinkel (α) wirkt, um den Reibbelag (26) an die Bremsscheibe (12) anzupressen, und

- einer Einrichtung zur Ermittlung des bei einer Bremsung auftretenden Reibmomentes, die erste Mittel zur Bestimmung der Aktuatorkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkenden Normalkraft umfaßt. 5
4. Scheibenbremse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatorkraft aus Betriebsdaten des Aktuators (16) ermittelt wird, insbesondere aus dem Motorstrom eines dem Aktuator (16) zugehörigen Elektromotors (18) während einer Betätigung der Bremse. 10
5. Scheibenbremse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatorkraft mittels eines im Kraftfluß der Aktuatorkraft angeordneten Kraftsensors gemessen wird. 15
6. Scheibenbremse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkende Normalkraft mittels eines im Kraftfluß der Normalkraft angeordneten Kraftsensors gemessen wird. 20
7. Scheibenbremse nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftsensor ein Dehnungsmeßstreifen ist.
8. Scheibenbremse nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkende Normalkraft aus dem Maß der bei einer gegebenen Bremsung erfolgenden Verschiebung eines Keils der Keilanzordnung (24) ermittelt wird. 25
9. Scheibenbremse nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Maß der Keilverschiebung aus Betriebsdaten des Aktuators (16) ermittelt wird, insbesondere aus dem zur Betätigung der Bremse durchlaufenen Drehwinkel eines dem Aktuator (16) zugehörigen Elektromotors (18). 30
10. Scheibenbremse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das von dem Sensor abgegebene Signal einer Störgrößenfilterung unterzogen wird. 35

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

